



**KURS JĘZYKA C++
– WYKŁAD 4 (26.03.2019)**

Przeciążanie operatorów

SPIS TREŚCI

- Funkcje zaprzyjaźnione
- Przeciążanie operatorów
- Operatory składowe w klasie
- Zaprzyjaźnione funkcje operatorowe
- Operatory predefiniowane
- Niestatyczne operatory składowe
- Operatory `new` i `delete`
- Operatory strumieniowe `<< i >>`



FUNKCJE ZAPRZYJAŹNIONE

- Problem z kwiatkami w domu w czasie dalekiej podróży służbowej.
- Funkcja, która jest przyjacielem klasy, ma dostęp do wszystkich jej prywatnych i chronionych składowych.
- To klasa deklaruje, które funkcje są jej przyjaciółmi.
- Deklaracja przyjaźni może się pojawić w dowolnej sekcji i jest poprzedzona słowem kluczowym `friend`.



FUNKCJE ZAPRZYJAŻNIONE

- Przykład klasy z funkcją zaprzyjaźnioną:

```
// klasa z funkcją zaprzyjaźnioną
class pionek
{
    int x, y;
    // ...
    friend void raport (const pionek &p);
};
// funkcja, która jest przyjacielem klasy
void raport (const pionek &p)
{
    cout << "(" << p.x << ", " << p.y << ")";
}
```



FUNKCJE ZAPRZYJAŹNIONE

- Nie ma znaczenia, w której sekcji (prywatnej, chronionej czy publicznej) pojawi się deklaracja przyjaźni.
- Funkcja zaprzyjaźniona z klasą nie jest jej składową, nie może używać wskaźnika `this` w stosunku do obiektów tej klasy.
- Jedna funkcja może się przyjaźnić z kilkoma klasami.
- Istotą przyjaźni jest dostęp do niepublicznych składowych w klasie – sensowne jest deklarowanie przyjaźni, gdy dana funkcja pracuje z obiektami tej klasy.



FUNKCJE ZAPRZYJAŻNIONE

- Można także umieścić w klasie nie tylko deklarację funkcji zaprzyjaźnionej, ale również jej definicję; tak zdefiniowana funkcja:
 - jest nadal tylko przyjacielem klasy;
 - jest *inline*;
 - może korzystać z typów zdefiniowanych w klasie.
- Funkcją zaprzyjaźnioną może być funkcja składowa z innej klasy.



KLASY ZAPRZYJAŹNIONE

- Możemy w klasie zadeklarować przyjaźń z inną klasą, co oznacza, że każda metoda tej innej klasy jest zaprzyjaźniona z klasą pierwotną.

- Przykład:

```
class A
{
    friend class B;
    // ...
};
```

- Przyjaźń jest jednostronna.
- Przyjaźń nie jest przechodnia.
- Przyjaźni się nie dziedziczy.



KLASY ZAPRZYJAŹNIONE

- Dwie klasy mogą się przyjaźnić z wzajemnością:

```
class A;  
class B;
```

```
class B {  
    friend class A;  
    // ...  
};  
class A {  
    friend class B;  
    // ...  
};
```



PO CO PRZECIĄŻAĆ OPERATORY?

- Porównaj dwa wyrażenia:

$$y = a * x + b ;$$

$$y = \text{dodaj}(\text{pomnoz}(a, x), b) ;$$

- A teraz wyobraź sobie funkcyjny zapis takiego wyrażenia:

$$y = (a * c - b * d) / (a * a + b * b) ;$$

- Operatory tylko upraszczają notację wyrażeń.



PRZYKŁAD

PRZECIĄŻENIA OPERATORA

- Przykład klasy pamiętającej liczbę zespoloną, dla której przeciążymy operator dodawania:

```
class comp
{
public:
    const double re, im;
public:
    comp (double r=0, double i=0) : re(r), im(i) {}
    comp (const comp &c) : re(c.re), im(c.im) {}
};
```

- Przykład operatora dodawania dla obiektów z liczbami zespolonymi:

```
comp operator + (comp a, comp b)
{
    return comp(a.re+b.re, a.im+b.im);
}
```

- Przykład użycia operatora dodawania liczb zespolonych:

```
comp a(2), b(3,5), c = a + b;
```



OGÓLNE ZASADY PRZECIĄŻANIA OPERATORÓW

- Można tylko przeciążać operatory, nie wolno definiować nowych.
- Przy przeciążaniu operatora nie można zmienić jego priorytetu, arności ani łączności.
- Co najmniej jeden z argumentów przeciążanego operatora musi się odnosić do klasy (nie wolno zmieniać znaczenia operatorów w stosunku do typów podstawowych).
- Nie wolno używać argumentów domyślnych w operatorach.



PRZECIĄŻANIE OPERATORÓW

- Nazwa funkcji operatorowej to `operator @`, gdzie @ to symbol (nazwa) operatora.

- Można deklarować funkcje definiujące znaczenie następujących operatorów:

+ - * / % ^ & | << >>
+= -= *= /= %= ^= &= |= <<= >>=
= ~ ! < > <= >= == != ,
&& || ++ -- -> ->* [] ()
new new[] delete delete[]

- Można definiować zarówno operatory dwuargumentowe jak i jednoargumentowe (prefiksowe i postfiksowe).



PRZECIĄŻANIE OPERATORÓW

- Nie można definiować następujących operatorów:
 - ? : (operator warunkowy)
 - :: (rezolucja zasięgu)
 - . (wybór składowej)
 - . * (wybór składowej za pomocą wskaźnika do składowej)
- Nie można też przeciążyć operatora, który podaje rozmiar obiektu `sizeof` oraz operatora rozmieszczenia danych w pamięci `alignof`.
- Nie wolno przeciążać operatorów rzutowania:
`static_cast`, `dynamic_cast`, `const_cast` i `reinterpret_cast`.
- Nie wolno definiować operatorów `#` i `##`, które są poleceniami dla prekompilatora.



ZAPRZYJAŹNIONE

FUNKCJE OPERATOROWE

- Bardzo często funkcje operatorowe sięgają do ukrytych składowych w klasie – wtedy wygodnie jest zadeklarować w klasie przyjaźń z takim operatorem.

- Przykład:

```
class comp {
    friend comp operator + (comp a, comp b);
    double re, im;
public:
    comp (double r=0, double i=0) : re(r), im(i) {}
    // ...
};
comp operator + (comp a, comp b) {
    return comp(a.re+b.re, a.im+b.im);
}
```



OPERATORY SKŁADOWE W KLASIE

- Można zdefiniować operator jako funkcję składową w klasie – wtedy pierwszym niejawnym argumentem będzie obiekt tej klasy.
- Przykład:

```
class comp {
    double re, im;
public:
    comp (double r=0, double i=0) : re(r), im(i) {}
    // ...
    comp operator- (comp b);
    comp operator- ();
};
comp comp::operator- (comp b) {
    return comp(re-b.re, im-b.im);
}
comp comp::operator- () {
    return comp(-re, -im);
}
```



SYMBOLICZNE I FUNKCYJNE

WYWOŁANIE FUNKCJI OPERATOROWEJ

- Niech dana będzie funkcja operatorowa `operator@`.
Wtedy możemy ją wywołać na dwa sposoby:
`x @ y` // wywołanie symboliczne
`operator@(x, y)` // wywołanie funkcyjne
- Niech dana będzie składowa funkcja operatorowa `operator @`. Wtedy możemy ją wywołać na dwa sposoby:
`x @ y` // wywołanie symboliczne
`x.operator@(y)` // wywołanie funkcyjne



OPERATORY PREDEFINIOWANE

- Jest kilka operatorów, których znaczenie jest tak intuicyjne, że są one automatycznie wygenerowane dla każdej klasy:
 - przypisanie `=`,
 - jednoargumentowy operator pobrania adresu `&`,
 - separacja kolejnych wyrażeń `,` (przecinek),
 - tworzenie i usuwanie obiektów `new`, `new []`, `delete`, `delete []`.
- Można zdefiniować własne wersje wymienionych operatorów, jeśli chcemy zmienić ich domyślne zachowanie.



NIESTATYCZNE OPERATORY SKŁADOWE

- Istnieją cztery operatory, które muszą być niestatycznymi operatorami składowymi:
przypisanie =,
indeksowanie [],
wywołanie funkcji (),
odwołanie do składowej ->.



OPERATOR PRZYPISANIA =

- Jeśli nie zdefiniujemy przypisania kopiującego, to wygeneruje go kompilator (o ile nie ma w naszej klasie pól stałych).
- Postać operatora przypisania kopiującego:
K & K::operator= (K &k) { /*...*/ }
K & K::operator= (const K &k) { /*...*/ }
- Domyślny operator przypisania kopiującego kopiuje składnik po składniku. Ale czasami takie kopiowanie nie jest dobre!
- Operator przypisania można przeciążać.
- Cechy prawidłowo napisanego operatora przypisania:
 - nie zmienia stanu wzorca, z którego kopiuje;
 - sprawdza, czy nie kopiuje sam na siebie;
 - likwiduje bieżące zasoby (podobnie do destruktora);
 - tworzy nowy stan obiektu na podobieństwo wzorca (podobnie jak konstruktor kopiujący).
- Przykład:

```
K & K::operator= (const K &k)
{
    if (&k==this) return *this;
    this->~K();
    // kopiowanie stanu z obiektu k
    return *this;
}
```



OPERATOR INDEKSOWANIA []

- Operator odwołania do tablicy można zaadoptować do odwoływania się do elementów kolekcji wewnątrz obiektu.
- Aby odwołanie indeksowe mogło stać po obu stronach operatora przypisania musimy zwracać referencję do elementu kolekcji.
- Indeksować można dowolnym typem (niekoniecznie `int`).



OPERATOR WYWOŁANIA FUNKCJI ()

- Operator wywołania funkcji () może mieć dowolną liczbę argumentów (również więcej niż dwa).
- Operator ten może mieć argumenty domniemane.
- Operator ten można przeciążać wiele razy w klasie.
- Wywołuje się go na rzecz jakiegoś obiektu. Przykład:

```
class K;  
K a;  
// ...  
a(); // a.operator() ();  
// ...  
a(1, 2, 3); // a.operator() (1, 2, 3);
```



OPERATOR WSKAZYWANIA NA SKŁADOWĄ ->

- Operator ten wywołujemy na obiekcie (a nie na wskaźniku do danego obiektu).
- Operator ten musi zwracać albo wskaźnik albo obiekt takiej klasy, który ma przeładowany operator ->.

- Wywołanie:

`obiekt->skladowa`

Interpretacja wywołania:

`(obiekt.operator->()) ->skladowa`



POSTINKREMENTACJA I POSTDEKREMENTACJA

- Operatory ++ i -- mogą być zarówno prefiksowe jak i postfiksowe; prefiksowe operatory ++ i -- definiuje się jako jednoargumentowe (naturalna definicja) a postfiksowe jako dwuargumentowe:

```
class K
{
public:
    // operatory prefiksowe
    K & operator ++ ();
    K & operator -- ();
    // operatory postfiksowe
    K operator ++ (int);
    K operator -- (int);
    // ...
};
```



OPERATORY NEW I NEW []

ORAZ DELETE I DELETE []

- W klasie można zdefiniować własne operatory `new` i `delete`; jeśli są one zdefiniowane to kompilator użyje właśnie ich (a nie globalnych operatorów) do przydzielania i zwalniania pamięci.
- Definicja operatorów `new` i `delete` musi wyglądać następująco:

```
class K
{
public:
    // operator new
    static void* operator new (size_t s);
    static void* operator new[] (size_t s);
    // operator delete
    static void operator delete (void *p);
    static void operator delete[] (void *p);
    // ...
};
```
- W definicji własnych operatorów `new` i `delete` można odwoływać się do globalnych operatorów przydzielania i zwalniania pamięci `::new` i `::delete`.



OPERATORY `new` I `new []`

- Operator `new` ma przydzielić pamięć dla pojedynczego obiektu a operator `new []` dla tablicy obiektów.
- Operatory `new` i `new []` muszą być statyczne w klasie.
- Operatory `new` i `new []` zwracają jako wynik wartość typu `void*`.
- Operatory `new` i `new []` przyjmują jako argument wartość typu `size_t` (w przypadku `new` ma to być rozmiar jednego obiektu a w przypadku `new []` rozmiar wszystkich obiektów łącznie); argument ten jest do tych operatorów przekazywany niejawnie (za pomocą operatora `sizeof`).
- Gdy zabraknie pamięci należy zgłosić wyjątek `bad_alloc`.



OPERATORY DELETE I DELETE []

- Operator `delete` ma zwolnić pamięć dla pojedynczego obiektu a operator `delete []` dla tablicy obiektów.
- Operatory `delete` i `delete []` muszą być statyczne w klasie.
- Operatory `delete` i `delete []` nie zwracają wyniku (są typu `void`).
- Operatory `delete` i `delete []` przyjmują jako argument wskaźnik typu `void*`.



GLOBALNE OPERATORY `new` I `new []`

ORAZ `delete` I `delete []`

- Można zdefiniować własne wersje globalnych operatorów `new` i `new []` oraz `delete` i `delete []` ale:
 - w ten sposób całkowicie niszczymy oryginalne wersje tych operatorów;
 - operator `::new` jest używany w bibliotekach standardowych do tworzenia obiektów globalnych (takich jak `cin` czy `cout`) jeszcze przed uruchomieniem funkcji `main()`.
 - najczęściej własne definicje tych operatorów to błąd projektowy, który może doprowadzić do katastrofy w działaniu programu...



OPERATORY `new []` I `delete []`

- Operator `new []` przydziela pamięć dla tablicy obiektów. Wszystkie obiekty w nowoutworzonej tablicy będą zainicjalizowane konstruktorem domyślnym (pamiętaj o zdefiniowaniu konstruktora domyślnego w klasie, której obiekty będą występować w tablicach).
- Operator `delete []` zwalnia pamięć przydzieloną dla tablicy obiektów. Przed zwolnieniem tej pamięci dla wszystkich obiektów zostanie wykonany destruktor.



OPERATORY << I >>

DO PRACY ZE STRUMIENIAMI

- Wygodnie jest zdefiniować operatory << i >> do pracy ze strumieniami; aby można było pracować z takimi operatorami w sposób kaskadowy powinny one być zdefiniowane jako funkcje zewnętrzne w stosunku do klasy:

```
class K
{
    // operator czytający dane ze strumienia
    friend
    istream& operator >>
    (istream &is, K &k);
    // operator piszący dane do strumienia
    friend
    ostream& operator <<
    (ostream &os, const K &k);
    // ...
};
```

